

**Arrangement for monitoring the efficiency of a catalytic emission reduction device comprises a fuel feed device, flow and temperature sensors and data processing sensors**

Patent number: DE19913268  
Publication date: 2000-08-03  
Inventor: PEPE ANTONIO (DE)  
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
Classification:  
- international: F01N9/00; G01N31/10; G01N25/20; B01D53/94  
- european: B01D53/94Y; F01N11/00B; G01N25/30  
Application number: DE19991013268 19990324  
Priority number(s): DE19991013268 19990324

**Report a data error here**

**Abstract of DE19913268**

An arrangement for monitoring the efficiency of a catalytic emission reduction device on the exhaust system of an I.C. engine which is operable at stoichiometric or over-stoichiometric conditions, comprises a fuel feed device (4) for dispensing a predetermined quantity of fuel into the exhaust gas stream sent to the catalyst, flow and temperature sensors (7,11,13) for measuring the thermal energy into and out of the catalyst unit, and a data processing unit (9), communicating with the fuel feed device (4) and the temperature sensors. An arrangement for monitoring the efficiency of a catalytic emission reduction device on the exhaust system of an I.C. engine which is operable at stoichiometric or over-stoichiometric conditions comprises a fuel feed device (4) for dispensing a predetermined quantity of fuel into the exhaust gas stream sent to the catalyst to make available an amount of chemical energy  $E_{ch}$ , and, dependent on the catalyst efficiency, to provide an amount of thermal energy  $E_{th}$ , flow and temperature sensors (7,11,13) for measuring the thermal energy into and out of the catalyst unit, a data processing unit (9) communicating with the fuel feed device (4) and the temperature sensors, which constructs an energy balance for the catalyst, and hence provides a correlation signal indicating the performance of the catalyst. The system is especially suitable for DENOX catalyst units fitted to diesel engines operated under lean (over-stoichiometric) mixture conditions. The control processor (9) computes the thermal and chemical energies from:  $E_{th} = \epsilon \sum m_x C_{px} T_x$  and  $E_{ch} = \sum m_n H_u$  (where,  $E_{th}$  = thermal energy in exhaust gases,  $E_{ch}$  = chemical energy content of fuel,  $x$  = individual gas components,  $m_x$  = mass of gas component,  $C_{px}$  = specific thermal capacity of component  $x$ ,  $m_n$  = mass of fuel injected into catalyst feed gas,  $H_u$  = lower calorific value for fuel).

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 199 13 268 C 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 N 9/00**  
B 01 D 53/94  
G 01 N 31/10  
G 01 N 25/20

⑳ Aktenzeichen: 199 13 268.2-13  
㉔ Anmeldetag: 24. 3. 1999  
㉕ Offenlegungstag: -  
㉖ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 8. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Pepe, Antonio, Dipl.-Ing., 70197 Stuttgart, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	41 22 787 A1
DE	40 27 207 A1
DE	26 43 739 A1

⑤4 **Überwachungsvorrichtung**

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit eines Katalysators bei einer Brennkraftmaschine, die mager betreibbar ist, mit Kraftstoffzuführungsmitteln, mit denen in einer dem Katalysator zugeführten Gasströmung eine bestimmte Kraftstoffmenge einstellbar ist, deren chemische Energie sich im Katalysator in Abhängigkeit dessen Funktionstüchtigkeit mehr oder weniger in thermische Energie umwandelt, mit Energiebestimmungsmitteln, die zur Bestimmung von dem Katalysator zugeführten und davon abgeführten Energien dient, und mit einer Auswerteeinrichtung, die mit den Kraftstoffzuführungsmitteln und den Energiebestimmungsmitteln kommuniziert und unter Berücksichtigung der dem Katalysator zugeführten Kraftstoffmenge eine Energiebilanz für den Katalysator aufstellt und daraus einen mit der Funktionstüchtigkeit des Katalysators korrelierten Signalwert generiert und diesen zur Auswertung heranzieht.

**DE 199 13 268 C 1**

**DE 199 13 268 C 1**

Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere bei Kraftfahrzeugen, können zur Verminderung der Emission umweltschädigender Abgase mit einer Abgasreinigungsanlage ausgestattet sein, die einen Katalysator aufweist. Die Funktionstüchtigkeit dieses Katalysators ist entscheidend für den Schadstoffgehalt der Abgasemission.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, mit deren Hilfe die Funktionstüchtigkeit eines Katalysators bei einer Brennkraftmaschine überwacht werden kann.

Aus der DE 26 43 739 A1 ist ein Verfahren zur Überwachung der Aktivität eines Katalysators für die Abgasreinigung bei Kraftfahrzeugen bekannt. Dort wird die Funktionstüchtigkeit des Katalysators mit Hilfe von zwei Temperaturwerten überwacht. Mit einem ersten Temperatursensor wird die Abgastemperatur vorzugsweise im Eingangsbereich des Katalysators ermittelt, während mit einem zweiten Temperatursensor die Abgastemperatur im Inneren des Katalysators bestimmt wird. Solange die Abgastemperatur im Inneren des Katalysators höher ist als die Abgastemperatur im Eingangsbereich des Katalysators, geht man beim bekannten Verfahren davon aus, daß der Katalysator voll funktionsfähig ist. Eine derartige Überwachung ist jedoch nur dann zuverlässig, wenn sichergestellt werden kann, daß die Temperaturmessungen zur Überwachung des Katalysators während stationärer Betriebszustände der Brennkraftmaschine durchgeführt werden, so daß sich auch im Temperaturverlauf der Abgasströmung durch den Katalysator ein im wesentlichen stationärer Zustand einstellen kann.

Aus der DE 40 27 207 A1 ist ein Verfahren zur Überwachung der katalytischen Aktivität eines Katalysators im Abgassystem einer Brennkraftmaschine bekannt, das ebenfalls auf der Auswertung von zwei Temperaturwerten der Abgase, vorzugsweise am Eintritt sowie im Inneren des Katalysators, beruht. Aus den Signalen der Temperatursensoren wird dann eine Temperaturmeßgröße gebildet, die entweder zur Bildung eines Mittelwertes unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine über einen langen Zeitraum hinweg beobachtet oder unter Berücksichtigung weiterer Meßgrößen, die mittels eines Maschinenüberwachungssystems gewonnen werden und den jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisieren, auf eine vom jeweiligen Betriebszustand unabhängige Aussage reduziert und weiter mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird. Sobald die so generierte Temperaturmeßgröße kleiner als der vorgenannte Grenzwert ist, geht man bei diesem bekannten Verfahren davon aus, daß der Katalysator defekt ist.

Aus der DE 41 22 787 A1 ist eine Einrichtung zur Überwachung des Konvertierungsgrades eines Katalysators bekannt. Mit Hilfe eines ersten Temperaturfühlers wird dort stromab des Katalysators die Abgastemperatur ermittelt und einer Auswerteeinheit zugeführt, die mit einem Ausgang eines Rechners in Verbindung steht. Ein weiterer Temperatursensor ermittelt stromauf des Katalysators die dort herrschende Abgastemperatur und stellt diese dem Rechner zur Verfügung. Außerdem ist ein Massenstromsensor vorgesehen, der die durch den Katalysator strömende Luft- bzw. Abgasmasse ermittelt und den entsprechenden Meßwert an den Rechner weiterleitet. Im Unterschied zu den vorgenannten Überwachungsverfahren, die den Konvertierungsgrad des Katalysators anhand der Differenz von zwei gemessenen Temperaturen bestimmen, wird hier an einem bevorzugten Meßort stromab des Katalysators die dort herrschende Abgastemperatur gemessen und mit Hilfe der stromauf des Katalysators gemessenen Temperatur und mit Hilfe des gemessenen Massenstromes unter Berücksichtigung der Kata-

lysatorgeometrie eine Grenztemperatur errechnet, die sich in dem vorgenannten Meßort einstellen würde, wenn der Katalysator, ohne daß darin eine exotherme Reaktion stattfindet, durchströmt würde, d. h. wenn der Katalysator nicht mehr funktionsfähig wäre. Die Differenz zwischen der an diesem bevorzugten Meßort gemessenen Temperatur und der dafür berechneten Grenztemperatur dient hier als Maß für die im Katalysator umgesetzte Energie und somit für den Konvertierungsgrad des Katalysators.

Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für die Überwachung der Funktionstüchtigkeit eines Katalysators bei einer Brennkraftmaschine eine andere Möglichkeit anzugeben.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators für diesen eine Energie-Bilanz für den Fall aufzustellen, daß in den dem Katalysator zugeführten Abgasen Kraftstoff enthalten ist. Die Erfindung nutzt dabei die Erkenntnis, daß die chemische Energie in dem Kraftstoff enthalten ist, der dem Katalysator, insbesondere durch Nacheinspritzung, zugeführt wird, in einem voll funktionstüchtigen Katalysator durch die darin stattfindende exotherme Reaktion vollständig in thermische Energie umgewandelt wird. Wenn die dem Katalysator zugeführte Kraftstoffmenge bekannt ist, muß beim voll funktionsfähigen Katalysator gemäß einer thermodynamischen Betrachtung insbesondere die stromab des Katalysators meßbare thermische Energie einem theoretisch erreichbaren Energiewert entsprechen, der sich aus der stromauf des Katalysators meßbaren thermischen Energie und aus der chemischen Energie zusammensetzt, die in der Kraftstoffmenge enthalten ist, die dem Katalysator zugeführt, z. B. nacheingespritzt ist. Je weiter die stromab des Katalysators gemessene thermische Energie von diesem theoretisch erreichbaren Energiewert abweicht, desto stärker ist die Funktionstüchtigkeit des überwachten Katalysators reduziert. Demnach bildet die Differenz zwischen dem theoretisch erreichbaren Energiewert und der stromab des Katalysators gemessenen thermischen Energie ein Maß für die Funktionstüchtigkeit des Katalysators.

Die Erfindung geht bei einer bevorzugten Ausführungsform davon aus, daß der Brennkraftmaschine eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung zur Verfügung steht, die es ermöglicht, in die Verbrennungsabgase eine bestimmte, das heißt bekannte Kraftstoffmenge einzuspritzen. Aus der Kraftstoffmenge kann dann die in der Nacheinspritzmenge enthaltene, von der verwendeten Kraftstoffart abhängige chemische Energie bestimmt, insbesondere errechnet, werden. Um sicherzustellen, daß ausschließlich der nacheingespritzte Kraftstoff zur Erhöhung der thermischen Energie bei der Durchströmung des Katalysators beiträgt, setzt die erfindungsgemäße Vorrichtung bei dieser Ausführungsform zumindest während der Katalysatordiagnose einen stöchiometrischen, vorzugsweise überstöchiometrischen Betrieb der Brennkraftmaschine voraus. Brennkraftmaschinen die stöchiometrisch oder überstöchiometrisch betrieben werden können, sind allgemein bekannt.

Wenn die Brennkraftmaschine eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung aufweist, mit der zur Verbrennung vorbestimmte Kraftstoffmengen in Brennkammern der Brennkraftmaschine einspritzbar sind, ist die erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise so ausgebildet, daß die Auswerteeinrichtung mit dieser Kraftstoffeinspritzeinrichtung kommuniziert und von dieser Signalwerte erhält, die mit der in die Brennkammern eingespritzten Kraftstoffmenge korrelieren. Die Energiebestimmungsmittel können dann relativ einfach ausgestaltet sein, um die dem Katalysator zugeführ-

ten bzw. davon abgeführten Energien zu bestimmen. Beispielsweise genügt eine Temperaturmessung stromauf und stromab des Katalysators sowie eine Messung der dem Katalysator zugeführten Luftmenge. Die Auswerteeinrichtung kann dann besonders einfach anhand der der Verbrennung zugeführten, durch die Kraftstoffeinspritzeinrichtung bekannten Kraftstoffmenge und anhand der dem Katalysator zugeführten, durch die Kraftstoffzuführungsmittel bekannten Kraftstoffmenge in Verbindung mit einer Messung der der Verbrennung zugeführten Luftmenge die dem Katalysator zugeführte Energie durch eine Messung der Strömungstemperatur stromauf des Katalysators und die vom Katalysator abgegebene Energie durch eine Messung der Strömungstemperatur stromab des Katalysators besonders einfach ermitteln.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. deren Auswerteeinrichtung stellt hinsichtlich der thermischen Abgasenergie stromauf und stromab des Katalysators unter Berücksichtigung der im Katalysator in thermische Energie umwandelbaren, im nacheingespritzten Kraftstoff enthaltenen chemischen Energie eine Energiebilanz auf, die sie zur Überwachung der Funktionalität des Katalysators heranzieht. Da die Umwandlung der im nacheingespritzten Kraftstoff enthaltenen chemischen Energie im Katalysator in thermische Energie relativ langsam abläuft, wirkt sich eine Nacheinspritzung oder eine Änderung der Nacheinspritzmenge erst mit einer zeitlichen Verzögerung auf die stromab meßbare thermische Energie aus. Um bei der Energiebilanz derartige Verzögerungseffekte zu eliminieren, erfolgt die Erfassung der thermischen Energie über einen ausreichend großen Zeitraum. Vorzugsweise werden zu diesem Zweck beispielsweise mit einer Frequenz von 10 Hz aufeinanderfolgende Energiemengen gemessen und aufsummiert oder über der Zeit integriert.

Die Integration von Energiemengen über der Zeit wird hierbei bevorzugt, da dann für die Energiemengen von der Zeit abhängige Größen der Abgasströmung, wie z. B. die durch einen bestimmten Querschnitt des Abgasstranges pro Zeiteinheit durchströmende Abgasmasse (Abgasmassenstrom), verwendet werden können, die besonders einfach meßbar sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform startet die Auswerteeinrichtung die Integrationen der thermischen Energien etwa zu Beginn der Nacheinspritzung. So kann gewährleistet werden, daß in der thermischen Energie der Abgase stromab des Katalysators die im Katalysator umgewandelte chemische Energie der nacheingespritzten Kraftstoffmenge sicher enthalten ist. Eine Integration weit vor Beginn der Nacheinspritzung verbraucht lediglich Speicherkapazität, da die thermischen Energien stromauf und stromab des Katalysators gleich groß sein sollten. Der Zeitraum, während dem die Integration der Energiemengen stattfindet, wird so groß gewählt, daß die Umwandlung der chemischen Energie der nacheingespritzten Kraftstoffmenge in thermische Energie regelmäßig vollständig stattgefunden hat, sofern der Katalysator ordnungsgemäß arbeitet. Wenn der Katalysator ordnungsgemäß arbeitet, ist die über diese Zeitspanne aufintegrierte thermische Energie stromab des Katalysators etwa gleich groß wie die über diesem Zeitraum aufintegrierte thermische Energie stromauf des Katalysators zuzüglich der chemischen Energie der nacheingespritzten Kraftstoffmenge.

Bei einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann die Auswerteeinrichtung die Integration permanent durchführen, sofern die Brennkraftmaschine stöchiometrisch oder überstöchiometrisch und mit Nacheinspritzung betrieben ist. Solange bei dieser Ausführungsform die Differenz zwischen der thermischen Energie stromab

des Katalysators und der thermischen Energie stromauf des Katalysators etwa der chemischen Energie der nacheingespritzten Kraftstoffmenge entspricht, arbeitet der Katalysator ordnungsgemäß. Sobald jedoch die vorgenannte Differenz kleiner wird als die chemische Energie des nacheingespritzten Kraftstoffes, erkennt die Auswerteeinrichtung eine reduzierte Funktionstüchtigkeit oder eine Fehlfunktion des Katalysators.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann die Auswerteeinrichtung zur Ermittlung des mit der Funktionstüchtigkeit des Katalysators korrelierten Energiewertes eine Nacheinspritzung herbeiführen oder bei vorhandener Nacheinspritzung die Nacheinspritzmenge variieren. Mit anderen Worten, die Auswerteeinrichtung kann entsprechend der ersten Alternative speziell für die Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators die Nacheinspritzung einer bestimmten Kraftstoffmenge herbeiführen oder entsprechend der zweiten Alternativen bei einer permanent ablaufenden Nacheinspritzung für eine bestimmte Zeit die eingespritzte Kraftstoffmenge um einen bestimmten Wert erhöhen oder erniedrigen. Die Auswerteeinrichtung kann dann die Auswirkungen dieser speziell herbeigeführten Nacheinspritzung oder Einspritzmengenveränderung auf die Bilanz der thermischen Energien stromauf und stromab des Katalysators beobachten.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich in besonderer Weise für eine als Dieselmotor ausgebildete Brennkraftmaschine, die mager, das heißt überstöchiometrisch betrieben wird und die insbesondere einen DENOX-Katalysator aufweist. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades eines, solchen DENOX-Katalysators wird üblicherweise eine Nacheinspritzung durchgeführt. Diese Nacheinspritzung kann vorteilhafterweise von der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators herangezogen werden.

Weitere wichtige Vorteile und Merkmale der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine schaltplanartige Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestattet ist,

Fig. 2 ein Diagramm, das den thermischen Energieverlauf stromauf und stromab eines Katalysators über der Zeit integriert wiedergibt.

Entsprechend Fig. 1 ist in einem Abgasstrang 1 einer Brennkraftmaschine 2, z. B. eines Dieselmotors, ein Katalysator 3, insbesondere ein DENOX-Katalysator, angeordnet. Die Brennkraftmaschine 2 weist außerdem eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 auf, mit deren Hilfe relativ genau bemessene Kraftstoffmengen in die Brennräume der Brennkraftmaschine 2 einspritzbar sind. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 4 wird dabei von einem Motorsteuergerät 5 über eine Steuerleitung 6 betätigt. Das Motorsteuergerät 5 gibt für die Einspritzung insbesondere den Zeitpunkt der Einspritzung und die Kraftstoffmenge an, die in den jeweiligen Brennraum der Brennkraftmaschine 2 eingespritzt werden soll. Die Brennkraftmaschine 2 ist luftgeführt, das heißt die

Regelung der Kraftstoffeinspritzung zur Einstellung bestimmter Betriebszustände der Brennkraftmaschine 2 erfolgt mit der der Brennkraftmaschine 2 zugeführten Luft als Führungsgröße. Zu diesem Zweck weist die Brennkraftmaschine 2 einen stromauf der Brennkraftmaschine 2 angeordneten Luftmassensensor 7 auf, der mit der der Brennkraftmaschine 2 zugeführten Luftmenge korrelierte Signale über eine entsprechende Signalleitung 8 dem Motorsteuergerät 5 zuleitet. Der Luftmassensensor 7 kann dabei als Heißfilmeßvorrichtung ausgebildet sein, die allgemein bekannt ist.

Zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators 3 ist die Brennkraftmaschine 2 mit einer erfindungsgemäßen Überwachungsvorrichtung ausgestattet, die eine Auswerteeinrichtung 9 aufweist. Diese Auswerteeinrichtung 9 erhält vom Motorsteuergerät 5 die Werte der stromauf der Brennkraftmaschine 2 gemessenen Luftmasse und die Werte der eingespritzten Kraftstoffmengen. Der vom Motorsteuergerät 5 zur Auswerteeinrichtung 9 fließende Datenstrom wird über eine Daten- oder Signalleitung 10 übertragen. Beispielsweise können so die für die eingespritzten Kraftstoffmengen relevanten Daten an die Auswerteeinrichtung 9 weitergeleitet werden. Die Überwachungsvorrichtung weist außerdem einen ersten Temperatursensor 11 auf, der stromab der Brennkraftmaschine 2 und stromauf des Katalysators 3 im Abgasstrang 1 angeordnet ist und über eine entsprechende Signalleitung 12 Temperatursignale der Auswerteeinrichtung 9 zuführt, die mit der stromauf des Katalysators 3 im Abgas herrschenden Temperatur korrelieren. Die Überwachungsvorrichtung weist zusätzlich einen zweiten Temperatursensor 13 auf, der stromab des Katalysators 3 im Abgasstrang 1 angeordnet ist und über eine Signalleitung 14 Temperatursignale der Auswerteeinrichtung 9 zur Verfügung stellt, die mit der stromab des Katalysators 3 im Abgas herrschenden Temperatur korrelieren.

Die Auswerteeinrichtung 9 ermittelt die thermische Energie  $E_{thvorKat}$  im Abgas stromauf des Katalysators 3 in Analogie zu folgender Gleichung:

$$E_{thvorKat} = \Sigma(m_x \cdot c_{pmx} \cdot T_x)$$

In dieser Gleichung bedeutet:

$x$  = einzelne Abgaskomponente,  
 $m_x$  = Masse der Abgaskomponente  $x$ ,  
 $c_{pmx}$  = spezifische Wärmekapazität der Abgaskomponente  $x$ ,  
 $T_x$  = Temperatur der Abgaskomponente  $x$ .

Die Summe wird über  $x$ , das heißt über alle Abgaskomponenten des Abgases gebildet. Unter der Voraussetzung, daß die Temperatur  $T_x$  bei allen Abgaskomponenten  $x$  gleich groß ist und mit der durch den ersten Temperatursensor 11 gemessenen Temperatur übereinstimmt, kann die thermische Energie  $E_{thvorKat}$  im Abgas stromauf des Katalysators 3 relativ einfach berechnet werden, da die Zusammensetzung des Abgases, das heißt die Anteile der einzelnen Abgaskomponenten an der Gesamtmasse der Abgase und die einzelnen spezifischen Wärmekapazitäten  $c_{pmx}$  ebenfalls bekannt sind. Die Masse der einzelnen Abgaskomponenten  $m_x$  ergibt sich dabei aus der stromauf der Brennkraftmaschine 2 gemessenen Luftmasse und aus der bekannten Kraftstoffmenge, die der Verbrennung zugeführt wird. Daraus ist die anteilige Zusammensetzung der Abgase nach der Verbrennung bekannt.

Ebenso kann die thermische Energie  $E_{thvorKat}$  im Abgas stromauf des Katalysators 3 dadurch ermittelt werden, daß zunächst aus der mit dem Luftmassensensor 7 gemessenen Luftmenge und der Menge des für die Verbrennung vorgesehenen Kraftstoffes ein Kraftstoff/Luft-Verhältnis, genannt "Lambda", berechnet oder mit Hilfe einer nicht dargestellten Lambda-Sonde gemessen wird. Mit diesem Lambda kann

aus einem temperaturabhängigen Kennfeld ein Wert für die Wärmekapazität der Abgase zugeordnet werden. Daraus kann dann mit Hilfe eines weiteren Kennfeldes die im Abgas mitgeführte Wärmeenergie ermittelt werden.

Die thermische Energie  $E_{thnachKat}$  im Abgas stromab des Katalysators 3 wird in entsprechender Weise analog zu folgender Gleichung ermittelt:

$$E_{thnachKat} = \Sigma(m_x \cdot c_{pmx} \cdot T_x)$$

Wenn die Auswirkung einer Kraftstoffnacheinspritzung auf die thermische Energiebilanz stromauf und stromab des Katalysators ausgewertet werden soll, kann die Auswerteeinrichtung 9 die in der nacheingespritzten Kraftstoffmenge enthaltene chemische Energie  $E_{chnK}$  in Analogie zu folgender Gleichung ermitteln:

$$E_{chnK} = m_{nK} \cdot Hu_K$$

In dieser Gleichung bedeutet:

$m_{nK}$  = Masse des nacheingespritzten Kraftstoffes,  
 $Hu_K$  = unterer Heizwert des Kraftstoffes.

Die Art des von der Brennkraftmaschine 2 verwendeten Kraftstoffes, z. B. Dieseldieselkraftstoff, liegt üblicherweise fest, so daß auch der untere Heizwert  $Hu_K$  des Kraftstoffes bekannt ist. Von dem Motorsteuergerät 5 kennt die Auswerteeinrichtung 9 die nacheingespritzte Kraftstoffmenge und kann daraus die Masse  $m_{nK}$  des nacheingespritzten Kraftstoffes ermitteln.

Die Auswerteeinrichtung 9 stellt nun eine Vielzahl zeitlich aufeinanderfolgender Messungen bzw. Berechnungen auf, beispielsweise mit einer Frequenz von 10 Hz. Zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators 3 führt die Auswerteeinrichtung 9 dann eine Integration der zeitlich aufeinanderfolgenden Einzelmessungen über der Zeit aus. Dies kann in Analogie zu folgender Gleichung erfolgen:

$$\int E \cdot dt$$

Die Auswerteeinrichtung 9 stellt dann eine Energiebilanz auf und beobachtet die Differenz zwischen der thermischen Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3 und der thermischen Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators 3 zusätzlich der chemischen Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge. Die Erfindung geht davon aus, daß bei einem voll funktionstüchtigen Katalysator 3 nach Ablauf einer ausreichenden Zeitspanne folgender Zusammenhang gilt:

$$(E_{thvorKat} + E_{chnK}) - E_{thnachKat} = 0$$

Hierbei werden Energieverluste, z. B. durch Abstrahlung vom Abgasstrang 1 in die Umgebung oder durch Speicherung im Abgasstrang 1, insbesondere im Katalysator 3, z. B. durch entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigt.

Wenn die Auswerteeinrichtung 9 feststellt, daß die vorstehende Gleichung nicht erfüllt wird, schließt sie daraus, daß der Katalysator 3 nicht voll funktionstüchtig arbeitet. Weicht die tatsächlich ermittelte thermische Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3 um ein vorbestimmtes Maß von der stromab des Katalysators 3 bei vollständiger Umwandlung der chemischen Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge theoretisch erreichbaren thermischen Energie ab, so gibt die Auswerteeinrichtung 9 über eine Leitung 15 ein entsprechendes Signal an das Motorsteuergerät 5, das dieses Signal in entsprechender Weise verarbeitet. Beispielsweise wird bei der Verwendung der Brennkraftmaschine 2 in einem Fahrzeug dem Fahrzeugführ-

rer mitgeteilt, daß eine Fehlfunktion der Abgasreinigungsanlage vorliegt. Ebenso kann ein Signal gesetzt werden, das erst bei der nächsten Wartung dem Wartungspersonal einen entsprechenden Warnhinweis gibt.

In Fig. 2 ist in X-Richtung die Zeit aufgetragen und in Y-Richtung der Verlauf der von der Auswerteeinrichtung 9 betrachteten Energien in Abhängigkeit von der Zeit. Ein mit durchgezogener Linie dargestellter Verlauf I gibt dabei die zeitliche Entwicklung der Summe aus der thermischen Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators 3 und der chemischen Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge wieder. Ein mit unterbrochener Linie dargestellter Energieverlauf II gibt die zeitliche Entwicklung der thermischen Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3 wieder. Mit III ist ein Zeitfenster gekennzeichnet, während dem eine Kraftstoffnacheinspritzung stattfindet, das heißt während dem chemische Energie  $E_{chnK}$  stromauf des Katalysators 3 dem Abgas zugeführt wird.

In einem ersten Zeitabschnitt a, während dem keine Nacheinspritzung stattfindet, entspricht der Verlauf I der thermischen Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators 3 und ist gleich dem Verlauf II der thermischen Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3. Während einem Zeitabschnitt b findet eine Nacheinspritzung (III) statt, was sich unmittelbar auf den Verlauf I der Summe aus thermischer Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators 3 und chemischer Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge auswirkt. Die Umsetzung der chemischen Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge im Katalysator 3 in zusätzliche thermische Energie erfolgt zeitverzögert, so daß die thermische Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3 entsprechend zeitverzögert zunimmt. Die Energieverläufe I und II verlaufen daher im Zeitabschnitt b und in einem nachfolgenden Zeitabschnitt c getrennt voneinander. Wenn der Katalysator 3 ordnungsgemäß funktioniert, erreicht der Energieverlauf II, das heißt die thermische Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3, nach einer gewissen Zeit wieder den Energieverlauf I, das heißt den Verlauf der Summe aus thermischer Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators und chemischer Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge. In einem Zeitabschnitt d weisen die Energieverläufe I und II wieder denselben Verlauf auf.

Wenn die Funktionstüchtigkeit des Katalysators 3 eingeschränkt ist, wird der Energieverlauf II nach dem Einspritzvorgang den Energieverlauf I nicht mehr erreichen. Der sich nach einem Einspritzvorgang zwischen den Energieverläufen I und II einstellende Abstand ist dann ein Maß für die Funktionstüchtigkeit bzw. Fehlfunktion des Katalysators 3.

Bei einem Katalysator 3, der zu seiner Wirkungsgradsteigerung ohnehin permanent mit einer Nacheinspritzung betrieben wird, kann entsprechend einer anderen Ausführungsform der Verlauf I der Summe aus thermischer Energie  $E_{thvorKat}$  stromauf des Katalysators 3 und der chemischen Energie  $E_{chnK}$  der nacheingespritzten Kraftstoffmenge permanent mit dem Verlauf II der thermischen Energie  $E_{thnachKat}$  stromab des Katalysators 3 verglichen werden. Solange der Katalysator 3 ordnungsgemäß arbeitet, liegen die Energieverläufe I und II aufeinander. Sobald eine Einschränkung der Funktionstüchtigkeit des Katalysators 3 auftritt, entfernt sich der Energieverlauf II vom Energieverlauf I. Wenn der Abstand zwischen den Energieverläufen I und II einen vorbestimmten Grenzwert übersteigt, alarmiert die Auswerteeinrichtung 9 das Motorsteuergerät 5.

Bei einer anderen Ausführungsform kann die Auswerteeinrichtung 9 für den Fall, daß der Katalysator 3 ebenfalls permanent mit einer Nacheinspritzung betrieben wird, für einen bestimmten Zeitraum die nacheingespritzte Kraftstoffmenge variieren, wobei sich bei einer Erhöhung grund-

sätzlich derselbe Zusammenhang ergibt wie in Fig. 2.

Es ist klar, daß die Funktion der Auswerteeinrichtung 9 in ein entsprechend programmierbares Motorsteuergerät 5 integrierbar ist.

Die Integration oder Summation oder allgemein die Beobachtung der Energien kann grundsätzlich unabhängig vom jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine 2 durchgeführt werden. Jedoch ist es von Vorteil, wenn vor dem Zeitpunkt, für den oder ab dem die vorstehend genannte Gleichung  $(E_{thvorKat} + E_{chnK}) - E_{thnachKat} = 0$  erfüllt sein soll, während eines hinreichend langen Zeitraumes ein stationärer oder quasistationärer Betriebszustand vorgelegen hat. Dieser Zeitraum ist dabei so gewählt, daß Zeitverzögerungen bei der Durchströmung des Katalysators berücksichtigt werden.

Außerdem werden Energie-"Verluste" bei der Katalysatordurchströmung weitgehend durch Korrekturgrößen berücksichtigt, wie z. B. die vom Katalysator nach außen abgestrahlte Wärmeenergie. Diese Korrekturgrößen sind z. B. in Kennfeldern in der Auswerteeinrichtung 9 gespeichert.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit eines Katalysators (3) bei einer Brennkraftmaschine (2), die stöchiometrisch oder überstöchiometrisch betreibbar ist, mit Kraftstoffzuführungsmitteln (4), mit denen in einer dem Katalysator (3) zugeführten Gasströmung eine bestimmte Kraftstoffmenge einstellbar ist, deren chemische Energie ( $E_{ch}$ ) sich im Katalysator (3) in Abhängigkeit dessen Funktionstüchtigkeit mehr oder weniger in thermische Energie ( $E_{th}$ ) umwandelt, mit Energiebestimmungsmitteln (7, 11, 13), die zur Bestimmung von dem Katalysator (3) zugeführten und davon abgeführten Energien dient, und mit einer Auswerteeinrichtung (9), die mit den Kraftstoffzuführungsmitteln (4) und den Energiebestimmungsmitteln (7, 11, 13) kommuniziert und unter Berücksichtigung der dem Katalysator (3) zugeführten Kraftstoffmenge eine Energiebilanz für den Katalysator (3) aufstellt und daraus einen mit der Funktionstüchtigkeit des Katalysators (3) korrelierten Signalwert generiert und diesen zur Auswertung heranzieht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiebestimmungsmittel (7, 11, 13) zur Bestimmung von thermischen Energien ( $E_{th}$ ) in der Gasströmung stromauf und stromab des Katalysators (3) ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine (2) eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (4) aufweist, mit der zur Verbrennung vorbestimmte Kraftstoffmengen in Brennkammern der Brennkraftmaschine (2) einspritzbar sind, daß die Auswerteeinrichtung (9) mit der Kraftstoffeinspritzeinrichtung (4) kommuniziert und Signalwerte erhält, die mit der in die Brennkammern eingespritzten Kraftstoffmenge korrelieren, daß die Energiebestimmungsmittel (7, 11, 13) zur Bestimmung der Temperaturen in der Gasströmung stromauf und stromab des Katalysators (3) sowie zur Bestimmung der zur Verbrennung den Brennkammern der Brennkraftmaschine (2) zugeführten Luftmenge ausgebildet sind, daß die Auswerteeinrichtung (9) aus der in die Brennkammern eingespritzten Kraftstoffmenge, aus der den Brennkammern zugeführten Luftmenge und aus der Strömungstemperatur stromauf des Katalysators (3)

die thermische Energie ( $E_{thvorKat}$ ) im Abgas stromauf des Katalysators (3) ermittelt, daß die Auswerteeinrichtung (9) aus der dem Katalysator (3) zugeführten Kraftstoffmenge deren chemische Energie ( $E_{ch}$ ) ermittelt, 5  
daß die Auswerteeinrichtung (9) aus der in die Brennkammern eingespritzten Kraftstoffmenge, aus der den Brennkammern zugeführten Luftmenge, aus der dem Katalysator (3) zugeführten Kraftstoffmenge und aus der Strömungstemperatur stromab des Katalysators (3) 10  
die thermische Energie ( $E_{thnachKat}$ ) im Abgas stromab des Katalysators (3) ermittelt, wobei die thermische Abgasenergie ( $E_{thvorKat}$ ) stromauf des Katalysators (3) zuzüglich der chemischen Energie ( $E_{ch}$ ) der dem Katalysator (3) zugeführten 15  
Kraftstoffmenge abzüglich der thermischen Abgasenergie ( $E_{thnachKat}$ ) stromab des Katalysators (3) einen Energiewert liefert, der mit der Funktionstüchtigkeit des Katalysators (3) korreliert und von der Auswerteeinrichtung (9) zur Auswertung herangezogen wird. 20  
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffzuführungsmittel durch eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (4) der Brennkraftmaschine (2) gebildet sind, und 25  
daß die Auswerteeinrichtung (9) entweder die Brennkraftmaschine (2) zur Durchführung eines zeitlich begrenzten unterstöchiometrischen Betriebes der Brennkraftmaschine (2) betätigt, bei dem eine bestimmte Kraftstoffmenge mit der Abgasströmung dem Katalysator (3) zugeführt wird, oder die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (4) zur Durchführung einer Kraftstoffnacheinspritzung betätigt, bei der eine bestimmte Kraftstoffmenge in die Verbrennungsabgase eingespritzt wird, oder bei vorhandener Nacheinspritzung die 30  
Nacheinspritzmenge zeitlich begrenzt variiert. 35  
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (9) zur Ermittlung der thermischen Energie ( $E_{th}$ ) im Abgas eine Integration der thermischen Energiemengen in der Abgasströmung über der Zeit durchführt. 40  
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (9) die Integration etwa 45  
zu Beginn der Nacheinspritzung startet oder daß die Auswerteeinrichtung (9) die Integration permanent durchführt, sofern die Brennkraftmaschine (2) stöchiometrisch oder überstöchiometrisch und mit einer Kraftstoffzuführung zum Katalysator (3) betrieben ist. 50  
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Bestimmung der thermischen Abgasenergie ( $E_{th}$ ) einen Luftmassensensor (7), der stromauf der Brennkraftmaschine (2) angeordnet ist, einen ersten Temperatursensor (11), der stromab der Brennkraftmaschine (2) und stromauf des Katalysators (3) angeordnet ist, und einen zweiten Temperatursensor (13) aufweisen, der stromab des Katalysators (3) angeordnet ist. 55  
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Katalysator (3) als DENOX-Katalysator ausgebildet ist. 60  
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine (2) als Dieselmotor oder als überstöchiometrisch betriebener Ottomotor ausgebildet ist. 65  
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerte-

einrichtung (9) die thermische Energie ( $E_{th}$ ) im Abgas in Analogie zu der Gleichung:

$$E_{th} = \Sigma(m_x \cdot c_{pmx} \cdot T_x)$$

berechnet, wobei

$E_{th}$  = thermische Energie im Abgas,

$x$  = einzelne Abgaskomponente,

$m_x$  = Masse der Abgaskomponente  $x$ ,

$c_{pmx}$  = spezifische Wärmekapazität der Abgaskomponente  $x$ ,

$T_x$  = Temperatur der Abgaskomponente  $x$ .

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (9) die chemische Energie ( $E_{chnK}$ ) der dem Katalysator (3) zugeführten, insbesondere nacheingespritzten, Kraftstoffmenge in Analogie zu der Gleichung:

$$E_{chnK} = m_{nK} \cdot Hu_K$$

berechnet, wobei

$E_{chnK}$  = chemische Energie des Kraftstoffes,

$m_{nK}$  = Masse des nacheingespritzten Kraftstoffes,

$Hu_K$  = unterer Heizwert des Kraftstoffes.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---



**BEST AVAILABLE COPY**

- Leerseite -

